

**ANALISA KOORDINASI PROTEKSI *OVER CURRENT RELAY* PADA GARDU  
INDUK WONOGIRI 150 KV**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**WIDODO HADI PRABOWO**

**D 400 140 012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA KOORDINASI PROTEKSI *OVER CURRENT RELAY* PADA  
GARDU INDUK WONOGIRI 150 KV**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**WIDODO HADI PRABOWO**

**D 400 140 012**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing  


**UMAR, ST, MT**

**NIK.731**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA KOORDINASI PROTEKSI *OVER CURRENT RELAY* PADA  
GARDU INDUK WONOGIRI 150 KV**

**OLEH**

**WIDODO HADI PRABOWO**

**D 400 140 012**

**Telah diperiksa di depan Dewan Penguji**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari Kamis, 18 Januari 2018**

**dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

**1. Umar, ST, MT**

**(Ketua Dewan Penguji)**

**2. Agus Supardi, ST, MT**

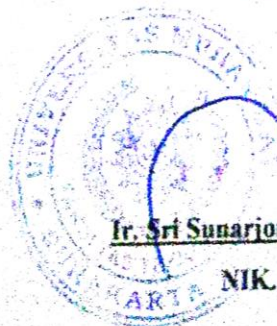
**(Anggota I Dewan Penguji)**

**3. Aris Budiman, ST, MT**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

**Dekan,**

  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**  
**NIK. 682**



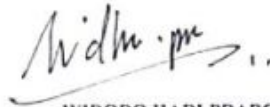
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 Januari 2018

Penulis



WIDODO HADI PRABOWO

D 400 140 012

# ANALISA KOORDINASI PROTEKSI OVER CURRENT RELAY PADA GARDU INDUK WONOGIRI 150 KV

## Abstrak

Gangguan yang disebabkan arus lebih pada sistem transmisi menimbulkan terputusnya pasokan listrik beban dan menyebabkan kerugian pada sistem transmisi maupun kerugian pada konsumen energi listrik. Salah satu cara untuk mengatasi gangguan tersebut yaitu dengan memasang alat proteksi pada transformator. Alat proteksi di gunakan pada Gardu Induk Wonogiri yaitu rele arus lebih (*over current relay*). Rele arus lebih merupakan rele proteksi yang bekerja dengan pemutus tenaga (*Circuit Breaker*) dan bekerja dengan membaca masukan berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai *setting*. Penelitian ini bertujuan mengetahui gangguan arus lebih dan menghitung nilai *setting* pada rele arus lebih. Metode yang digunakan yaitu dengan mencari data parameter, arus ganggu dan menghitung *tripping time* tiap gangguan. Hasil perhitungan *setting* rele di dapatkan waktu kerja rele untuk 3 zona yaitu pada OCR, sisi penyulang dengan gangguan terkecil 3700 A dengan  $t = 907$  ms dan gangguan terbesar 8500 A dengan  $t = 639$  ms, sisi 20 KV dengan gangguan terkecil 3700 A dengan  $t = 2317$  ms dan gangguan terbesar 8500 A dengan  $t = 1066$  ms, sisi 150 KV dengan gangguan terkecil 3700 A dengan  $t = 2967$  ms dan gangguan terbesar 8500 A dengan  $t = 1480$  ms.

**Kata Kunci:** Proteksi, rele arus lebih, TMS.

## Abstract

*Diatraction caused by deeper currents in the transmission system lead to a breakdown of power to the load and causing losses in transmission system as well as consumer power losses. One way to over come the interference is by installing a protective device on the transformer. The protective equipment used by the wonogiri substation is an over current relay. Over current relay are magnitudes and thn comparing them with setting values. This study aims to find out more current f lows and calculate the value of setting on more relay current. This method used is to find data parameters, noise current and calculate tripping time each interference. Results of calculation relay arrangement obtained relay working time for 3 zone OCR is on repeater side repeater with least disturbance 3700 A with  $t = 907$  ms and biggest disturbance 8500 A with  $t = 639$  ms, side 20 KV with smallest disturbance 3700 A with  $t = 2317$  ms and biggest disturbance 8500 A with  $t = 1066$  ms, side 150 KV with the smallest disturbance of 3700 A with  $t = 2967$  ms and the largest disturbance of 8500 A with  $t = 1480$  ms.*

**Keywords :** Proteksi, over current relay, TMS.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik sangat diperlukan untuk kehidupan sehari-hari. Energi listrik yang sampai kepelanggan ataupun konsumen diperlukan keandalan agar dalam pendistribusian energi listrik tidak terjadi gangguan. Gangguan yang disebabkan adanya arus lebih di sistem transmisi menimbulkan terputusnya pasokan listrik ke beban dan menyebabkan kerugian pada sistem transmisi maupun kerugian pada konsumen.

Hubung singkat yaitu terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung dan tidak langsung melalui media (resistor atau beban), sehingga menyebabkan aliran arus tidak normal (Tirza, 2013). Meminimalisir gangguan dengan menggunakan alat proteksi yaitu rele arus lebih.

*Over current relay* (OCR) memainkan peran penting dalam operasi perlindungan sistem distribusi tenaga listrik yaitu sebagai peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih yang melebihi setting (Tjahjono, 2015). Baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau *overload*, Gangguan tersebut dapat merusak peralatan sistem tenaga listrik dalam wilayah proteksi.

Transformator tenaga yang terdapat rele arus lebih hanya berfungsi sebagai back up proteksi untuk gangguan eksternal atau sebagai *back up outgoing feeder*. Pemasangan alat proteksi rele arus lebih (*over current relay*) pada transformator Gardu Induk Wonogiri adalah persyaratan distribusi tenaga listrik diantaranya keselamatan dan keamanan sistem tenaga listrik.

Berdasarkan jenis gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik yaitu gangguan tidak simetris melalui penghantar terbuka, gangguan tersebut adalah gangguan tiga fasa dan dua fasa. Koordinasi tersebut pada sistem proteksi dapat mengisolasi gangguan sehingga dapat menurunkan jumlah pemadaman.

## 2. METODE

Pencarian referensi maupun literatur yang berkaitan dengan sistem proteksi dari beberapa sumber. Waktu yang dibutuhkan untuk pengumpulan data parameter kurang lebih satu bulan dan penelitian tersebut dilakukan di PT PLN (Persero) Gardu Induk Wonogiri 150 KV. Data yang sudah terkumpul selanjutnya menghitung arus nominal, arus *setting* kemudian menghitung *tripping time*.

### 2.1 Rencana Penelitian

Rencana pelaksanaan penelitian yang dilakukan penulis dengan metode sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Penulis mencari referensi sebanyak-banyaknya melalui artikel, jurnal ilmiah dan buku sebagai acuan penulis untuk kelangsungan analisa.

## 2. Pengambilan Data

Sebagai keberlangsungan analisa. pengambilan data tersebut di PT PLN (Persero) Gardu Induk Wonogiri 150 KV. Data yang di dapat berupa sistem proteksi kelistrikan.

## 3. Analisa Data

Data yang sudah diperoleh kemudian dianalisa agar memastikan cara yang dilakukan rele arus lebih sebagai antisipasi gangguan.

## 4. Perhitungan

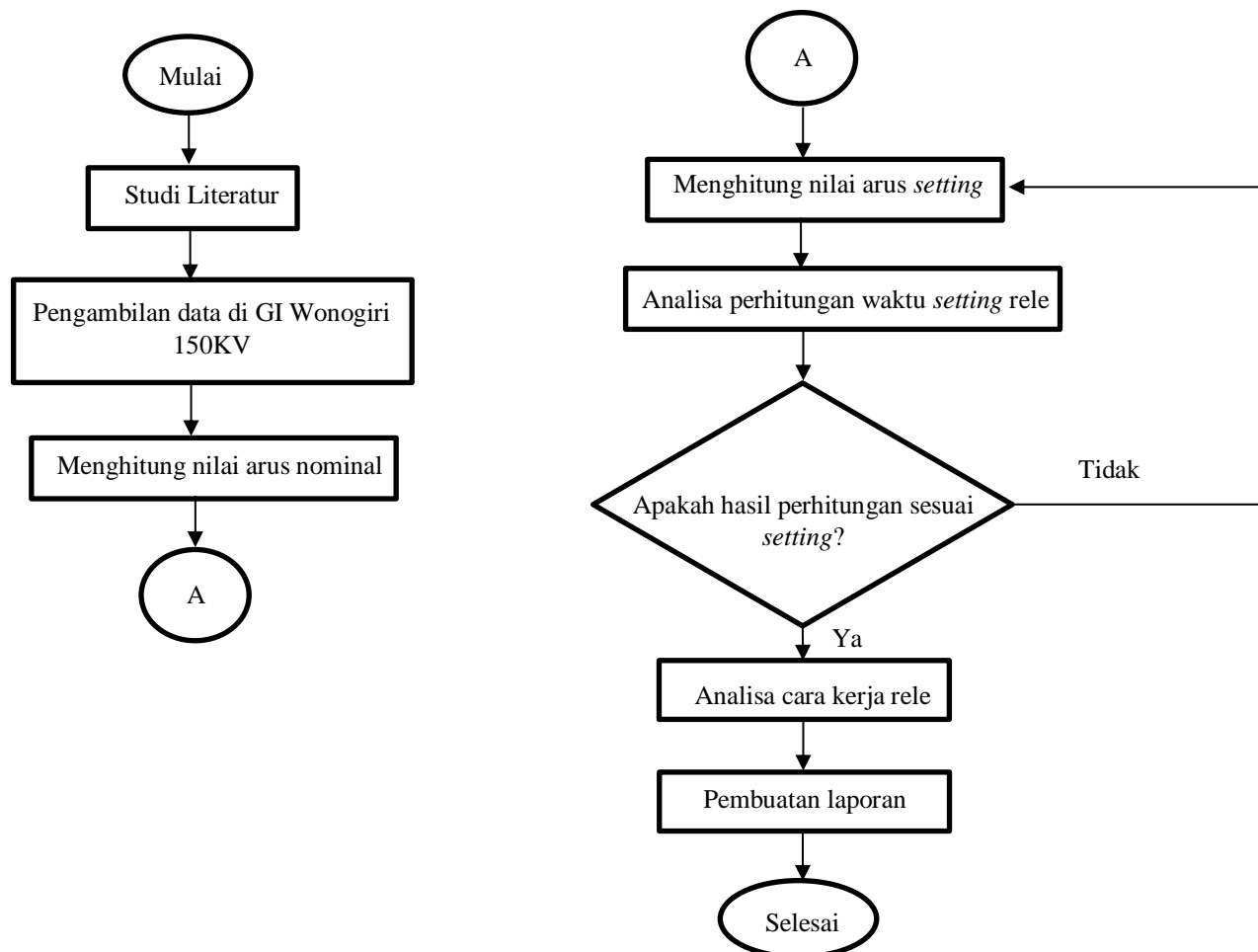
Menentukan nilai yang di butuhkan pada sistem proteksi rele arus lebih.

## 5. Kesimpulan

Hasil akhir yang telah dilakukan dari beberapa analisa data yang diperoleh.

### 2.2 Flowchart Penelitian

Berikut adalah diagram dari proses perancangan penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

### 3. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Rele Arus Lebih

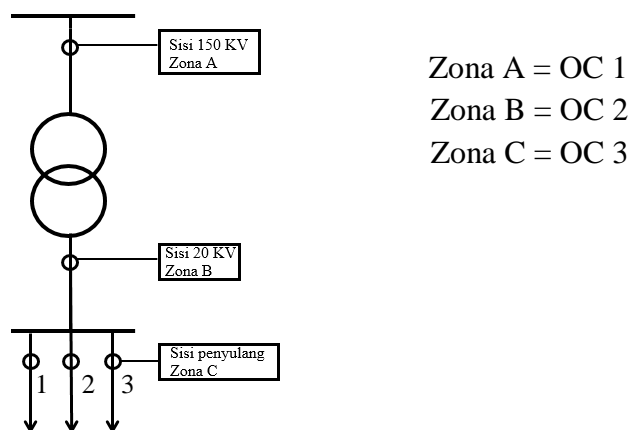
Data rele arus lebih untuk sistem pengaman yang digunakan di PT PLN (Persero) GI Wonogiri 150 KV yaitu:

Tabel 1. Data rele OCR

Merk	Areva Micom
Tipe	P122
Kurva	SI ( <i>Standart Inverse</i> )
TMS rele sisi 150 KV	0,36 s
TMS rele sisi 20 KV	0,24 s
TMS rele sisi penyulang	0,27 s
Faktor K	0,14
Faktor $\alpha$	0,02
Faktor C	0

#### 3.2 Cara Kerja

Rele arus lebih yang terdapat pada trafo GI Wonogiri ada 3 zona, masing – masing zona tersebut yaitu zona A sisi 150 KV, zona B sisi 20 KV, dan zona C sisi penyulang.

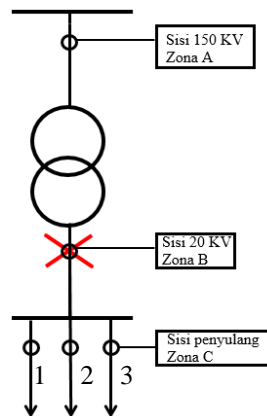


Gambar 2. Rele arus lebih tiap sisi

Berdasarkan pada gambar 2, OC 3 sebagai rele arus lebih utama, OC 2 rele arus lebih cadangan pertama dan OC 1 sebagai cadangan kedua. Sebuah rele harus mendapatkan kesempatan yang cukup untuk melindungi zona (Badekar, 2009). Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan rele arus lebih seperti selektivitas, stabilitas, sensitivitas, kecepatan dan reliabilitas (Bonar, 2012). Fungsi ketiga rele tersebut yaitu ketika rele tersebut tidak bisa membaca gangguan, maka salah satu rele yang sebagai cadangan akan bekerja untuk mengamankan trafo. Faktor tersebut bisa dikarenakan kerusakan rele arus lebih dan bisa juga karena letak gangguan yang tidak pasti lokasinya.



Simulasi pertama cara kerja rele arus lebih

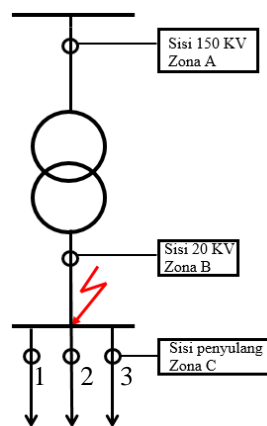


Zona A = OC 1  
Zona B = OC 2  
Zona C = OC 3

Gambar 3. Rele arus lebih sisi 20 KV rusak

Berdasarkan gambar 3, cara kerja tersebut apabila pada OC 2 mengalami kerusakan maka OC 1 akan menggantikan kerja OC 2, dan OC 3 tetap membaca keadaan normal artinya tidak bekerja.

Simulasi kedua cara kerja rele arus lebih.



Zona A = OC 1  
Zona B = OC 2  
Zona C = OC 3

Gambar 4. Gangguan pada sisi penyulang

Berdasarkan gambar 4, gangguan terjadi pada lokasi sisi penyulang zona C, ketika gangguan terjadi diantara OC 3 dan OC 2, maka yang bekerja OC 2 karena terjadinya gangguan arus lebih di busbar setelah OC 2.

### 3.3 Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis tersebut mencari arus nominal, arus *setting* dan waktu *setting* tiap sisi, kemudian menentukan perhitungan rele arus lebih agar mengetahui hasil tersebut melebihi atau tidaknya *setting*.

#### 3.3.1 Arus Nominal

Perhitungan arus nominal sebagai berikut:

$$I_n = S / \sqrt{3} \times v \quad (1)$$

Dimana,

$I_n$  = Arus nominal

$S$  = Daya semu

$V$  = Tegangan

$I_n \text{ CCC}$  = Arus nominal konduktor

a. Arus nominal 150 KV

$$\begin{aligned} I_n &= 60 / \sqrt{3} \times 150 \\ &= 231 \text{ A} \end{aligned}$$

b. Arus nominal 20 KV

$$\begin{aligned} I_n &= 60 / \sqrt{3} \times 20 \\ &= 1731 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Arus nominal penyulang

$$I_n \text{ CCC} = 400 \text{ A}$$

#### 3.3.2 Arus Setting OCR

Perhitungan arus setting OCR sebagai berikut :

a. Sisi 150 KV

$$\begin{aligned} I_{set} &= 0,92 \times I_n \\ &= 0,92 \times 231 = 212,5 \text{ A} \end{aligned} \quad (2)$$

b. Sisi 20 KV

$$\begin{aligned} I_{set} &= 1,04 \times I_n \\ &= 1,04 \times 1731 = 1801,3 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Sisi Penyulang

$$\begin{aligned} I_{set} &= 1,2 \times I_n \text{ CCC} \\ &= 1,2 \times 400 = 480 \text{ A} \end{aligned} \quad (3)$$

### 3.3.2 Perhitungan Rele Arus Lebih

Perhitungan rele arus lebih untuk mengetahui atau tidaknya gangguan dapat dilihat persamaan 4, jika hasil perhitungan melebihi *setting* maka dapat disimpulkan adanya gangguan pada saluran tersebut.

$$t = TMS \frac{K}{(I_f/I_s)^\alpha - 1} + c \quad (4)$$

Dimana,

$t$  = *Tripping time*

$K$  = Faktor  $K$

$I_f$  = Arus gangguan

$I_{set}$  = Arus *setting*

$\alpha$  = Faktor  $\alpha$

$C$  = Faktor  $C$

$TMS$  = *Time multiplier setting*

1. Perhitungan analisa gangguan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 4. Analisa adanya gangguan sebesar 4500 A pada sisi 20 KV sebagai berikut:

Diketahui

$K$  = 0,14

$I_f$  = 4500 A

$I_{setting}$  = 1801,3 A

$\alpha$  = 0,02

$TMS$  = 240 ms

$$t = 240 \times \frac{0,14}{(4500/1801,3)^{0,02} - 1} + 0$$

$$t = 240 \times \frac{0,14}{0,0184801} + 0$$

$$t = 240 \times 7,57572$$

$$t = 1818,2 \text{ ms}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada sisi 20 KV dengan menggunakan persamaan 4 memperoleh hasil 1818,2 ms. Hasil tersebut melebihi *setting* dan rele arus lebih bekerja ketika melebihi *setting*. Pengaturan rele arus lebih pada sistem proteksi untuk sistem proteksi trafo.

### 3.4 Analisa cara kerja rele

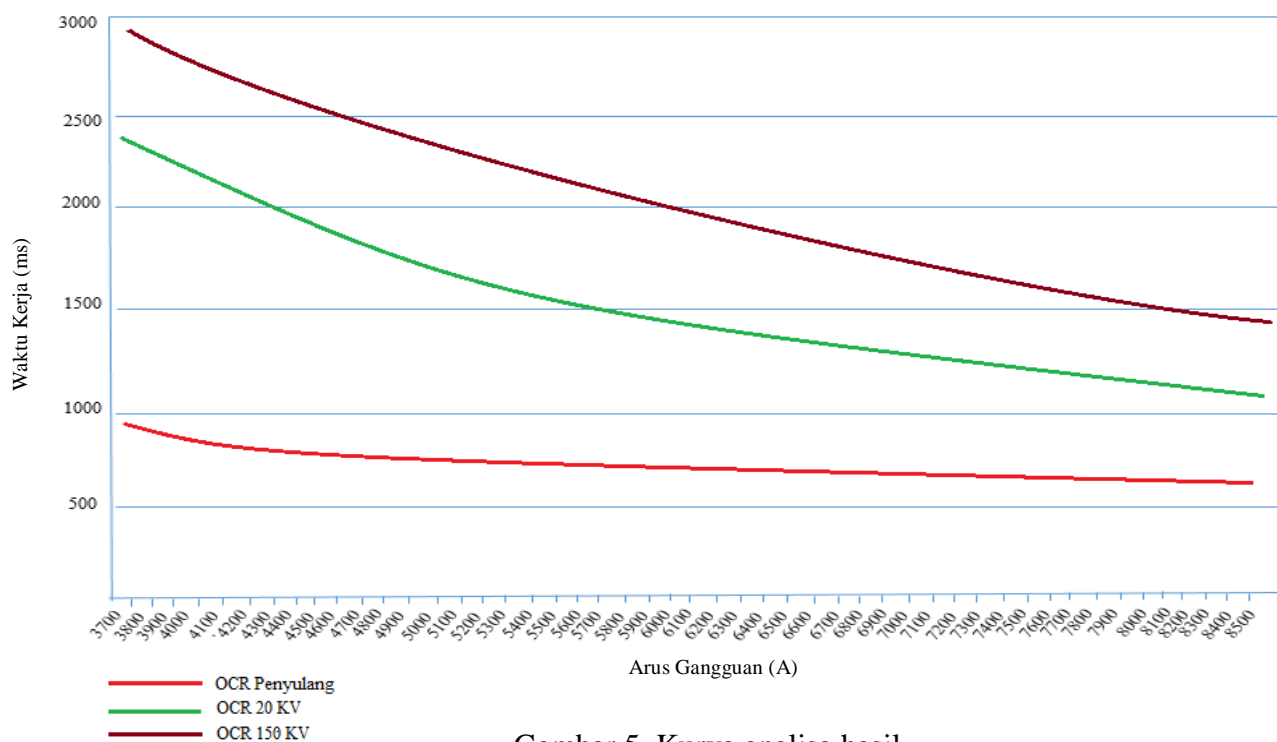
Analisa cara kerja rele pada saat terjadi gangguan akan dilakukan simulasi. *Software* yang digunakan yaitu microsoft excel dan *calculator*. Tujuan analisa tersebut agar mengetahui cara kerja dan koordinasi rele waktu kerja tiap terjadi gangguan. Rele arus lebih utama dan cadangan wajib diatur dengan baik agar tidak terjadi kerugian akibat kesalahan dalam sistem (Patel, 2015). Pendiskriminasian nilai minimum antara rele utama dan cadangan (Oktaviawan, 2017). Selanjutnya menghitung *tripping time*, nilai arus hubung singkat pada tempat tersebut dan menghitung parameter-parameter yang diperlukan dalam koodinasi rele. Hasil perhitungan dengan megggunakan *software calculator* dan microsoft excel terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa menggunakan microsoft excel

Arus gangguan (A)	OCR penyulang (ms)	OCR sisi 20 KV (ms)	OCR sisi 150 KV (ms)
3700	907	2317	2967
3800	895	2234	2875
3900	883	2158	2791
4000	873	2089	2713
4100	862	2026	2642
4200	852	1968	2575
4300	843	1914	2514
4400	834	1864	2456
4500	826	1818	2403
4600	817	1775	2352
4700	810	1735	2305
4800	802	1697	2260
4900	795	1662	2218
5000	788	1629	2179
5100	781	1597	2141
5200	774	1568	2106
5300	768	1540	2072
5400	762	1513	2040
5500	756	1488	2009
5600	750	1464	1980
5700	745	1442	1952
5800	740	1420	1926
5900	735	1399	1900
6000	729	1379	1876
6100	725	1360	1852
6200	720	1342	1830

6300	715	1325	1808
6400	711	1308	1787
6500	706	1292	1768
6600	702	1277	1748
6700	698	1262	1730
6800	694	1248	1712
6900	690	1234	1694
7000	686	1221	1679
7100	683	1208	1662
7200	679	1196	1646
7300	676	1184	1631
7400	672	1172	1616
7500	669	1161	1602
7600	665	1150	1588
7700	662	1140	1575
7800	659	1129	1562
7900	656	1120	1549
8000	653	1110	1537
8100	650	1101	1525
8200	647	1092	1513
8300	644	1083	1502
8400	642	1074	1491
8500	639	1066	1480

Hasil analisa menggunakan microsoft excel dan *calculator* ditunjukkan dengan kurva pada gambar 6.



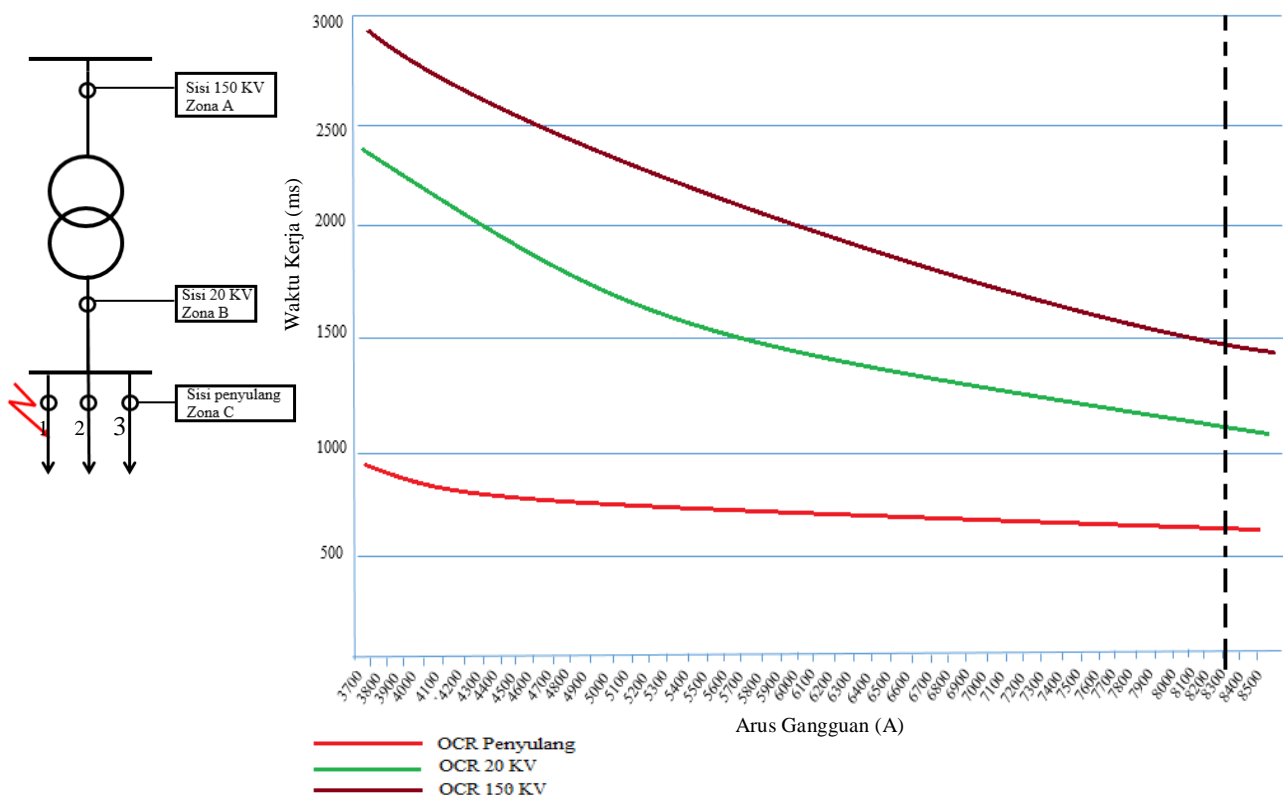
Gambar 5. Kurva analisa hasil

Kurva pada gambar merupakan kurva karakteristik *standart inverse*. Karakteristik *standart inverse* mempunyai waktu operasinya paling besar, diikuti *very inverse* dan *extremely inverse* (Uma, 2014). *Standart inverse* yaitu rele dimana waktu tundanya tergantung pada besaran gangguan, semakin besar gangguan maka waktu kerja rele akan semakin cepat artinya arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja rele.

Hasil analisa cara kerja rele yang sudah dilakukan dari semua gangguan yang terjadi, maka dapat dilakukan simulasi terjadinya gangguan.

#### 1. Simulasi terjadi gangguan pada penyulang

Terjadi gangguan pada zona penyulang dengan arus gangguan 8300 A. Skenario dan hasil dapat dilihat pada gambar 6.



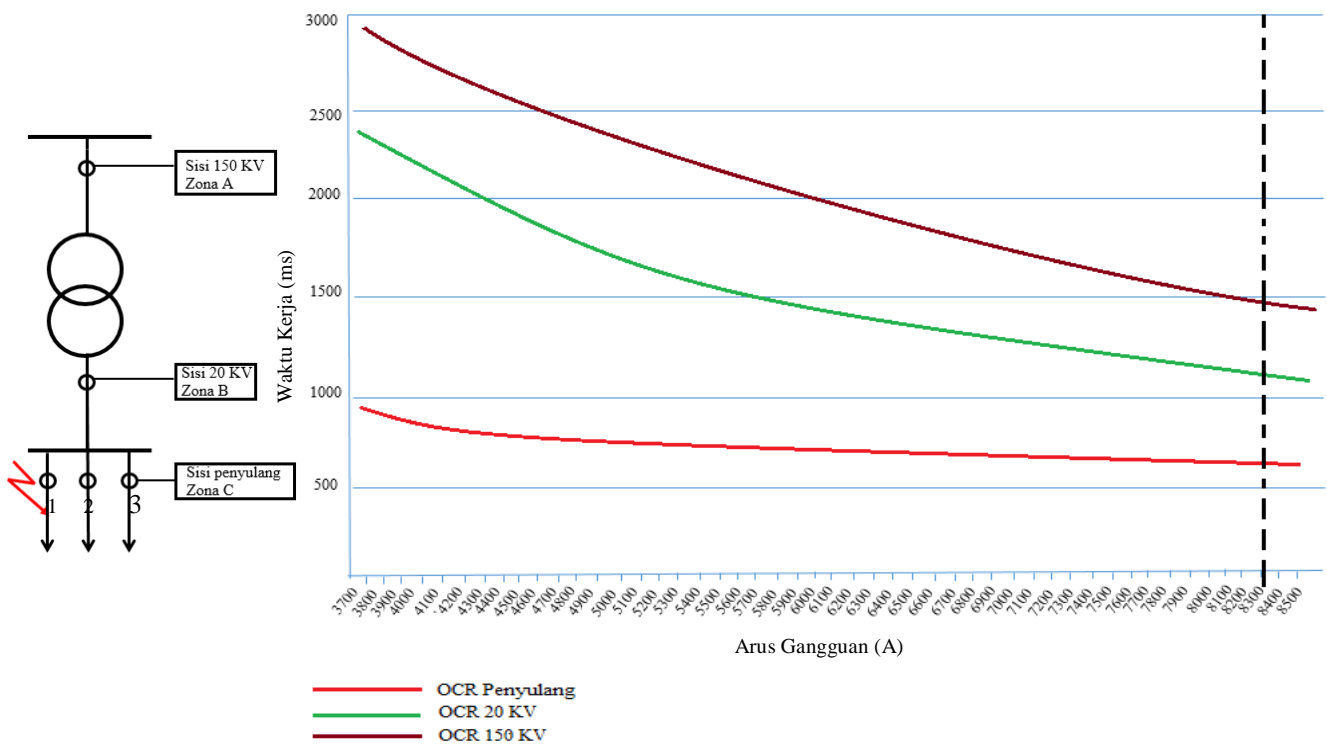
Arus gangguan (Ampere)	7400	7500	7600	7700	7800	7900	8000	8100	8200	8300
t OCR sisi penyulang (Zona C)	672	669	665	662	659	656	653	650	647	644
t OCR sisi 20 KV (Zona B)	1172	1161	1150	1140	1129	1120	1110	1101	1092	1083
t OCR sisi 150 KV (Zona A)	1616	1602	1588	1575	1562	1549	1537	1525	1513	1502

Gambar 6. Simulasi terjadi gangguan pada penyulang

Gangguan terjadi pada penyulang 1 kemudian OCR sisi penyulang *pick up* dengan waktu 644 ms, ketika rele OCR sisi penyulang gagal, maka akan di *back up* pada OCR sisi 20 KV dengan waktu 1083 ms, jika masih gagal akan di *back up* OCR sisi 150 KV dengan waktu 1502 ms.

## 2. Simulasi terjadinya gangguan sisi 20 KV

Terjadi gangguan pada zona sisi 20 KV dengan arus gangguan 8300 A. Skenario dan hasil dapat dilihat pada gambar 7.



Arus gangguan (Ampere)	7400	7500	7600	7700	7800	7900	8000	8100	8200	8300
t OCR sisi penyulang (Zona C)	672	669	665	662	659	656	653	650	647	644
t OCR sisi 20 KV (Zona B)	1172	1161	1150	1140	1129	1120	1110	1101	1092	1083
t OCR sisi 150 KV (Zona A)	1616	1602	1588	1575	1562	1549	1537	1525	1513	1502

Gambar 7. Simulasi terjadi gangguan sisi 20 KV

OCR sisi penyulang tidak bekerja dan membaca keadaan normal. Gangguan terjadi pada sisi 20 KV, OCR sisi 20 KV *pick up* dengan waktu 1083 ms, ketika OCR sisi 20 KV gagal maka akan di *back up* oleh OCR sisi 150 KV dengan waktu 1502 ms.

#### 4. PENUTUP

Hasil analisa penelitian yang telah dilakukan pada sistem proteksi rele arus lebih Gardu Induk Wonogiri 150 KV dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi arus gangguan yang terjadi, maka semakin pendek waktu kerja OCR.
2. Sistem kerja koordinasi proteksi rele arus lebih agar tidak bekerja secara bersamaan dapat ditentukan pada *Time Multiplier Setting*.
3. *Time Multiplier Setting* pada sisi penyulang 0,27 s, sisi 20 KV 0,24 s dan sisi 150 KV 0,36 s.
4. Gangguan terkecil yang terjadi pada Gardu Induk Wonogiri 150 KV yaitu 3700 A dan terbesar 8500 A.
5. Arus *setting* pada sisi penyulang 480 A, sisi 20 KV sebesar 1801,3 A dan sisi 150 KV sebesar 212,5 A.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir sebagai berikut:

1. ALLAH SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan kenikmatan dan kemuliaanya.
2. Orang tua dan saudara tercinta yang telah mendoakan, memberikan nasehat dan semangat dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Bapak Umar, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro UMS dan dosen pembimbing.
4. Bapak dan Ibu Dosen jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah surakarta.
5. Mbak Ayu dan pihak PT. PLN (Persero) UL Salatiga yang telah memberi motivasi dan doa.
6. Mbak Tyas dan pihak PT. PLN (Persero) APP Salatiga yang telah mengijinkan dalam penelitian.
7. Bapak Rudi dan pihak PT. PLN (Persero) basecamp jajar yang telah memberi motivasi dan pengarahan.
8. Bapak Eka dan pihak PT. PLN (Persero) GI Wonogiri yang telah membantu selama peneliian dan tugas akhir
9. Sugeng Anwar dan Agung Taslim selama di Universitas Pembangunan Veteran Yogyakarta yang telah memberi banyak masukan.
10. Avie Ansori selama di Institu Sains Teknologi Akprind yang telah memberi masukan.
11. Eka Bayu selama di Universitas Diponegoro yang telah memberi masukan.



12. Didik Febriyanto, Ektu Gerry, Febri Puspita Aji, Aziz Adnan, Sintya Amelisa, Atika Setyo Cahyani, Nita Safaatul, Deny Arifianto, Abdul Muis, Kurnia Adi yang telah memberi motivasi dan masukan.
13. Dony Haves, Muhammad Syahendra, Amoreza A, Puji Prasetyo, Harun Ageng, Bandung Romadona, Elin widyatmoko, Dimas Prasetyo, Rosid.
14. Ari, Arif, Danny, Hasan selaku senior yang memberi motivasi.
15. Galih Dwi yang telah membantu dalam proses penelitian dan pengerjaan tugas akhir.
16. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu per satu yang telah memberi dukungan dan doa.

## DAFTAR PUSTAKA

- N. Tirza. (2014). Analisa setting OCR terhadap arus gangguan pada jaringan 150 KV di Gardu Induk Tanggul
- Badekar, P P., et al. (2009). *Optimum Time Coordination of Overcurrent Reles in Distribution System Using Big-M (Penalty). Method. Visvesvaray National Institute of Tecnology, Nagpur (Maharashtra).*
- A. Tjahjono, A. Priyadi, M.H. Alfa, K.F. Purnomo, M. Pujiantara. (2015). *Optimum Coordination of Overcurrent Relays in Radial System with Distributed Generation Using Modified Firefly Algorithm*
- W. Oktaviawan. (2017). Analisa proteksi *over current relay* pada gardu induk konsumen tegangan tinggi di gardu induk rembang.
- Patel, H A. (2015). *Rele Coordination Using ETAP. International Journal of Scientific & Engineering Research. Vol 6.*
- Pandjaitan, Bonar. (2012). "Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik". Yogyakarta. Andi
- Uma, U U, Onwuka, I K. (2014). *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). Vol 04*